



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45961 (13) U
(51) МПК (2009)
G01L 23/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ТИСКУ

1

(21) u200606868

(22) 19.06.2006

(24) 10.12.2009

(46) 10.12.2009, Бюл.№ 23, 2009 р.

(72) ТИХАН МИРОСЛАВ ОЛЕКСІЙОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА", ТИХАН МИРОСЛАВ ОЛЕКСІЙО-
ВИЧ

(57) Спосіб вимірювання динамічного тиску, який
полягає у перетворенні тиску у прогин сприймаю-
чої його пружної мембрани, вимірюванні прогину
мембрани $w(t)$ в момент часу t , який **відрізняєть-
ся** тим, що вимірюють прискорення руху мембрани

2

$w''(t)$, визначають швидкість руху мембрани $w'(t)$ за
формулою

$$w'(t) = \int_0^t w''(\tau) d\tau,$$

та визначають значення тиску $p(t)$ в реальний мо-
мент часу t за формулою

$$p(t) = \frac{w''(t) + 2\beta w'(t) + (\omega^2 + \beta^2)w(t)}{k\omega}$$

де β - коефіцієнт демпфування; ω - частота вла-
сних коливань мембрани; k - сталий коефіцієнт
статичного перетворення для мембрани.

Корисна модель відноситься до галузі вимірю-
вальної техніки і може бути використана при вимі-
рюванні динамічного тиску в системах, що працю-
ють в реальному часі, наприклад в таких галузях
як теплоенергетика, енерготранспортування та
енергооблік, аерокосмічна промисловість, двигу-
нобудування.

Найбільш близьким є спосіб вимірювання ди-
намічного тиску [Е.М. Федяков, В.К. Колтаков, Е.Е.
Богдатеєв. Измерение переменных давлений. - М.,
Из-во стандартов. 1982. - 216с.], котрий полягає у
перетворенні тиску у прогин сприймаючої його
пружної мембрани і вимірюванні її прогину в мо-
мент часу t .

Однак відомий спосіб має низьку точність та
швидкодію, що унеможливає його застосування у
високоточних системах з роботою в реальному
часі. Відомо, що результат вимірювання динаміч-
ного тиску містить динамічну похибку. Власне її
значення визначає ступінь точності вимірювання.
Головна мета відомих способів вимірювання ди-
намічних величин [Грановский В.А. Динамические
измерения: Основы метрологического обеспече-
ния. - Л.: Энергоатомиздат, 1984. - 224с., Василен-
ко Г.И. Теория восстановления сигналов: О редук-
ции к идеальному прибору в физике и технике. -
М.: Сов. радио, 1979. с.272.] полягає у якомога
точнішому встановленні значення вимірюваної
величини шляхом усунення такої похибки. На сьо-

годні найбільш близький спосіб вимірювання ди-
намічного тиску полягає у перетворенні тиску у
прогин пружної мембрани і вимірюванні її прогину
в момент часу t , а процедуру встановлення зна-
чення вимірюваної величини здійснюють шляхом
обробки вихідного сигналу або методом корегу-
вання динамічної похибки, або застосуванням ме-
тоду регуляризації. Ефективність усунення дина-
мічної похибки методом корегування в першу
чергу залежить від обсягу апіорної інформації
про характер вимірюваного тиску. Але власне у
багатьох сучасних системах, котрі потребують
високоточного вимірювання динамічного тиску
(аерокосмічна промисловість, двигунобудування,
автомобілебудування, енергетика, енергооблікову-
ючі та енерготранспортуючі системи, наукові до-
слідження тощо) обсяг такої інформації практично
мінімальний. Як правило відоме лише амплітудне
значення тиску. Крім цього у згаданих системах
вимагається вимірювання тиску в реальному часі,
оскільки результати вимірювання є інформацією
для різноманітних швидкодіючих систем автома-
тичного керування та контролю. Проте відомі на
сьогодні методи корегування значення динамічної
похибки [Грановский В.А. Динамические изме-
рения: Основы метрологического обеспечения, - Л.:
Энергоатомиздат, 1984. - 224с.] і спосіб встанов-
лення значення вимірюваної величини шляхом
застосування методу регуляризації [Василенко

(19) UA (11) 45961 (13) U

Г.И. Теория восстановления сигналов: О редукции к идеальному прибору в физике и технике. - М.: Сов. радио, 1979. с.272] потребують значних затрат часу на обробку вихідного сигналу вимірювального перетворювача і не дають необхідної точності. Такі обставини унеможливають застосування згаданих способів у високоточних вимірювальних системах, що працюють у реальному часі.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення такого способу вимірювання динамічного тиску, які б дозволяли підвищити точність вимірювання в реальному часі.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі вимірювання динамічного тиску, який полягає у перетворенні тиску середовища у прогин сприймаючої його пружної мембрани, вимірюванні прогину мембрани $w(t)$ в момент часу t , згідно з корисною моделлю:

- вимірюють прискорення руху мембрани $w''(t)$;
- визначають швидкість руху мембрани $w'(t)$ за формулою

$$w'(t) = \int_0^t w''(\tau) d\tau,$$

та визначають значення вимірюваного тиску $p(t)$ в момент часу t за формулою

$$p(t) = \frac{w''(t) + 2\beta w'(t) + (\omega^2 + \beta^2)w(t)}{k\omega}$$

де, β - коефіцієнт демпфування; ω - частота власних коливань мембрани; k - сталий коефіцієнт статичного перетворення для мембрани.

Зважаючи, що процедура вимірювання динамічного тиску здійснюється шляхом апаратного відновлення вхідного сигналу, тому точність вимірювання є високою, а визначення значення вимірюваного тиску $p(t)$ в момент часу t здійснюються практично одночасово з вимірювальними процедурами, тому вимірювання динамічного тиску відбувається в реальному часі.

Як відомо, для вимірювання динамічного тиску $p(t)$ використовують лінійні вимірювальні перетворювачі того чи іншого принципу дії. Найчастіше в таких перетворювачах вимірювальний тиск $p(t)$ сприймається пружною мембраною, котра від його дії зазнає прогину. За вимірюваними значеннями проги-

ну мембрани $w(t)$ отримують значення вимірюваного тиску в момент часу t . Як зазначалося, отримане значення тиску іманентно містить динамічну похибку, усунення якої здійснюють вище згаданими методами.

У лінійних вимірювальних перетворювачів з пружною сприймаючою мембраною її функція перетворення описується інтегралом згортки [М. Тихан. Датчики переменного давления для систем управления с нестационарными термовлияниями. Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза, 1995]

$$w(r, t) = k \cdot \int_0^t e^{-\beta(t-\tau)} p(\tau) \sin(\omega \cdot (t - \tau)) d\tau, \quad (1)$$

де, β - коефіцієнт демпфування; ω - частота власних коливань мембрани; k - сталий коефіцієнт статичного перетворення для мембрани.

Диференціюючи (1) двічі по часу отримуємо

$$p(t) = \frac{w''(t) + 2\beta w'(t) + (\omega^2 + \beta^2)w(t)}{k\omega} \quad (2)$$

Формула (2) дозволяє точно вимірювати динамічний тиск в реальному часі. Тобто, в заданий момент часу t :

- перетворюємо вимірюваний тиск у прогин сприймаючої його пружної мембрани і вимірюємо її прогин - $w(t)$;
- вимірюємо прискорення руху мембрани - $w''(t)$;
- визначаємо швидкість руху мембрани $w'(t)$ за формулою

$$w'(t) = \int_0^t w''(\tau) d\tau;$$

- визначаємо значення вхідного вимірюваного тиску $p(t)$ за формулою

$$p(t) = \frac{w''(t) + 2\beta w'(t) + (\omega^2 + \beta^2)w(t)}{k\omega}.$$

Пропонований спосіб дозволяє підвищити точність вимірювання динамічного тиску в реальному часі і таким чином розширити область його застосування.